

### Convertisseur tout optique

L'invention concerne un convertisseur tout optique d'un signal optique modulé en intensité en un signal optique modulé au format DPSK. Elle trouve application dans le domaine des transmissions optiques.

On connaît la modulation en intensité par "tout-ou-rien" (On/Off Keying ou OOK). Dans ce cas, une impulsion représente un "1" et une absence d'impulsion  
5 représente un "0".

On connaît la modulation par déplacement de phase différentiel (Differential Phase Shift Keying ou DPSK). Dans le format DPSK l'information est transportée dans la différence de phase entre deux impulsions voisines.

10 La transmission au format DPSK est avantageuse car la sensibilité est meilleure. De plus en optique il est facile d'analyser la différence de phase entre deux signaux.

Il existe actuellement dans le domaine des transmissions optiques des convertisseurs, qui convertissent un signal électrique binaire codé en amplitude en  
15 signal optique codé au format DPSK. Ces convertisseurs associent des éléments électroniques et des éléments optiques.

La partie électronique du convertisseur comprend une porte logique électronique OU-exclusif (XOR). Le signal électronique, qui représente l'information, arrive modulé en amplitude sur la première entrée de la porte logique. La sortie de la porte logique est connectée sur la deuxième entrée de la porte logique avec un retard d'un temps bit par rapport à la première entrée.

Dans un cas particulier, un signal optique, servant de porteuse est envoyé dans un modulateur opto-électronique, par exemple du type Mach-Zender. Ce modulateur est commandé par le signal électrique issu de la sortie de la porte logique et réalise une modulation de manière à ce qu'un état du signal électrique égal à "1" soit associé à une différence de phase de  $\pi$  du signal optique.

Ces convertisseurs, qui allient l'électronique et l'optique sont très coûteux pour les fréquences supérieures à 20GHz et sont inexistantes pour les fréquences supérieures à 40GHz.

Le problème est donc de réaliser un convertisseur tout optique d'un signal optique modulé en intensité en un signal optique modulé au format DPSK.

L'invention n'est pas limitée à certaines fréquences et peut s'appliquer à tout le spectre.

Dans la suite on appellera coupleur 3dB des coupleurs 2 vers 2 ou encore 50:50.

Dans la suite on dira qu'une sortie d'un composant n'est pas connectée si le signal qui est délivré sur cette sortie est entièrement absorbé, ne perturbant pas les signaux en amont ou en aval. On dira qu'une entrée d'un composant n'est pas alimentée si l'amplitude du signal qu'elle reçoit est nulle.

Un objet de la présente invention est de proposer un convertisseur qui ne présente pas les inconvénients de l'art antérieur.

A cet effet, est proposé un convertisseur tout optique d'un signal optique modulé en intensité en un signal optique modulé au format DPSK, caractérisé en ce qu'il comprend: une première entrée pour un premier signal optique modulé en intensité; un module d'encodage différentiel adapté à réaliser un encodage différentiel entre le premier signal et un deuxième signal optique synchrone avec le premier signal; un dispositif adapté à moduler la phase d'un signal optique en fonction de l'encodage différentiel réalisé par le module d'encodage différentiel; une sortie du dispositif adapté à moduler délivrant un signal optique modulé au format DPSK.

Avantageusement le module d'encodage différentiel réalise l'encodage différentiel à partir d'une fonction OU-exclusif et d'une boucle de rétroaction.

Avantageusement pour réaliser la fonction OU-exclusif, le module d'encodage différentiel comprend: un premier coupleur optique dont la première entrée est

alimentée avec le premier signal, dont la deuxième entrée est alimentée avec le deuxième signal et dont la deuxième sortie n'est pas connectée; un deuxième coupleur optique dont la première entrée est alimentée par la première sortie du premier coupleur, dont la deuxième entrée n'est pas alimentée; un dispositif non  
5 linéaire absorbant dont l'entrée est alimentée par la deuxième sortie du deuxième coupleur; et un troisième coupleur optique dont la première entrée est alimentée par la première sortie du deuxième coupleur, dont la deuxième entrée est alimentée par la sortie du dispositif non linéaire absorbant, dont la deuxième sortie n'est pas connectée et dont la première sortie délivre le signal représentatif du résultat de la  
10 fonction OU-exclusif.

Avantageusement le module d'encodage différentiel comprend un quatrième coupleur optique dont la première entrée est alimentée par la première sortie du troisième coupleur, dont la deuxième entrée n'est pas alimentée, dont la première sortie alimente le dispositif adapté à moduler et dont la deuxième sortie alimente la  
15 boucle de rétroaction.

Avantageusement le deuxième signal optique synchrone est délivré par la boucle de rétroaction.

Avantageusement la boucle de rétroaction comprend un dispositif de déphasage optique, un amplificateur optique.

20 Avantageusement la boucle de rétroaction comprend aussi un dispositif de retard optique accordable adapté à retarder le deuxième signal par rapport au premier signal avec un nombre entier de temps bits.

Avantageusement le dispositif adapté à moduler comprend un coupleur dont la première entrée est alimentée par le signal encodé par le module d'encodage différentiel, dont la deuxième entrée est alimentée par un signal déphasé de  $\frac{\pi}{2}$  par  
25 rapport au signal encodé, dont la deuxième sortie n'est pas connectée et dont la première sortie délivre un signal optique modulé au format DPSK.

Avantageusement le dispositif adapté à moduler comprend en amont de sa deuxième entrée un dispositif de retard optique accordable adapté à retarder le signal déphasé par rapport au signal encodé avec un nombre entier de temps bits.  
30

Avantageusement la phase du signal optique modulé au format DPSK varie de zéro à  $\pi$  selon le résultat de la fonction OU-exclusif.

Avantageusement les coupleurs optiques sont des coupleurs optiques 3dB.

Avantageusement le premier signal a une amplitude de  $E_0$  et le deuxième  
35 signal a une amplitude de  $E_0$  et un déphasage de  $-\frac{\pi}{2}$  par rapport au premier signal; en ce que le gain l'amplificateur optique a un gain de 12.04dB; en ce que le dispositif

non linéaire absorbant a un seuil légèrement supérieur à  $\alpha^2 \cdot E_0$  avec  $\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ; en ce que le signal alimentant la deuxième entrée du coupleur du dispositif adapté à moduler a une amplitude de  $\frac{\alpha^4}{2} \cdot E_0$  et un déphasage de  $\frac{\pi}{2}$  par rapport au signal alimentant la première entrée du cinquième coupleur du dispositif adapté à moduler.

5 Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec la Fig. unique qui représente un convertisseur selon l'invention;

La Fig. unique représente un convertisseur 10 tout optique qui réalise la  
10 conversion d'un signal optique modulé en intensité en un signal optique modulé au format DPSK.

Le convertisseur 10 comprend une première entrée 152a, sur laquelle est injecté un premier signal optique 12. Le signal optique 12 est représentatif d'une séquence de données, il est modulé en intensité selon un format OOK. Ce signal  
15 optique peut avoir été généré à partir d'un signal électrique et d'un modulateur opto-électronique qui transforme le signal électrique modulé en OOK en signal optique modulé en OOK.

Le convertisseur 10 comprend une deuxième entrée 162e, sur laquelle est injectée une porteuse optique 16 (continue ou non), qui est ensuite modulée au  
20 format DPSK.

Le convertisseur 10 comprend une première sortie 162c sur laquelle est délivré un signal optique 14 modulé au format DPSK.

Le convertisseur 10 réalise ainsi la conversion tout optique d'un signal optique modulé en intensité en un signal optique modulé au format DPSK.

25 Le convertisseur 10 comprend un module d'encodage différentiel 100 et un dispositif adapté à moduler 200.

Le dispositif adapté à moduler 200 est muni d'une première entrée 162a qui est reliée à la sortie du module d'encodage différentiel 100 et sur laquelle est reçu le signal encodé par le module d'encodage différentiel 100. Le dispositif adapté à  
30 moduler 200 est muni de la deuxième entrée 162e sur laquelle est injectée la porteuse 16. Le dispositif adapté à moduler 200 est aussi muni de la première sortie 162c. La première sortie 162c du convertisseur 10 délivre le signal optique 14 modulé au format DPSK. Le dispositif adapté à moduler 200 module la phase du signal optique 16 en fonction de l'encodage différentiel réalisé par le module d'encodage  
35 différentiel 100.

Le dispositif adapté à moduler 200 comprend un coupleur 202 que l'on numérotera cinquième coupleur 202, un dispositif de déphasage 204 et dispositif de retard optique accordable 206.

Le cinquième coupleur 202 comprend la première entrée 162a et une deuxième  
5 entrée 162b. Le cinquième coupleur 202 comprend aussi la première sortie 162c et une deuxième sortie 162d non connectée.

Le dispositif de déphasage 204 et le dispositif de retard optique accordable 206 sont montés en série entre la deuxième entrée 162e et la deuxième entrée 162b.

Le dispositif de déphasage 204 qui peut être accordable est mis en place afin  
10 d'assurer un certain déphasage entre le signal présent sur la première entrée 162a et le signal présent sur la deuxième entrée 162b.

Le dispositif de retard optique accordable 206 permet la synchronisation des bits des signaux des deux entrées 162a et 162b du cinquième coupleur 202. En particulier on règle le dispositif de retard optique 206 pour avoir un nombre entier de  
15 temps bit de retard. Comme nous le verrons par la suite ce dispositif de retard 206 n'est pas toujours nécessaire.

Le module d'encodage différentiel 100 comprend la première entrée 152a et une première sortie 158c qui est connectée à la première entrée 162a du dispositif adapté à moduler 200 et qui délivre le signal encodé.

20 On va maintenant décrire la structure du module d'encodage différentiel 100.

Le module d'encodage différentiel 100 comprend quatre coupleurs optiques 102, 104, 106 et 108, un dispositif non linéaire absorbant 110 et une boucle de rétroaction 30.

Le premier coupleur 102 comprend la première entrée 152a qui est alimentée  
25 avec le premier signal 12 et une deuxième entrée 152b qui est alimentée avec un deuxième signal optique synchrone avec le premier signal 12 et délivré par exemple par la boucle de rétroaction 30. Le premier coupleur 102 comprend aussi une première sortie 152c et une deuxième sortie 152d qui n'est pas connectée.

Le deuxième coupleur optique 104 comprend une première entrée 154a  
30 alimentée par la première sortie 152c du premier coupleur 102, une deuxième entrée 154b qui n'est pas alimentée. Le deuxième coupleur optique 104 comprend aussi une première sortie 154c et une deuxième sortie 154d.

Le dispositif non linéaire absorbant 110 permet d'absorber tout champ électromagnétique dont l'amplitude est inférieure ou égale à une valeur de seuil et de  
35 transmettre tout champ électromagnétique dont l'amplitude est supérieure à la valeur de seuil. Le dispositif non linéaire absorbant 110 peut être du type absorbant saturable ou une boucle optique non linéaire. Le dispositif non linéaire absorbant 110

comprend une entrée qui est alimentée par la deuxième sortie 154d du deuxième coupleur 104.

Le troisième coupleur optique 106 comprend une première entrée 156a qui est alimentée par la première sortie 154c du deuxième coupleur 104 et une deuxième  
5 entrée 156b qui est alimentée par la sortie du dispositif non linéaire absorbant 110. Le troisième coupleur optique 106 comprend aussi une première sortie 156c et une deuxième sortie 156d qui n'est pas connectée.

Le quatrième coupleur optique 108 comprend une première entrée 158a qui est alimentée par la première sortie 156c du troisième coupleur 106 et une deuxième  
10 entrée 158b qui n'est pas alimentée. Le quatrième coupleur optique 108 comprend aussi la première sortie 158c qui alimente le dispositif adapté à moduler 200 et une deuxième sortie 158d qui alimente la boucle de rétroaction 30.

La boucle de rétroaction 30 comprend un dispositif de déphasage optique 112, un amplificateur optique 114 et un dispositif de retard optique accordable 116 adapté  
15 à retarder le deuxième signal présent à la deuxième entrée 152b du premier coupleur 102 par rapport au premier signal 12 avec un nombre entier de temps bits.

Le module d'encodage différentiel 100 réalise l'encodage différentiel de la séquence de données de manière tout optique à partir du premier signal optique 12 présent à la première entrée 152a et du deuxième signal optique, synchrone avec le  
20 premier, présent à la deuxième entrée 152b du premier coupleur 102.

Le module d'encodage différentiel 100 réalise entre autre une fonction OU-exclusif entre les signaux optiques présents aux entrées 152a et 152b, grâce à la combinaison du premier coupleur 102, du deuxième coupleur 104, du troisième coupleur 106 et du dispositif non linéaire absorbant 110. Le signal présent sur la  
25 première sortie 156c du troisième coupleur 106 représente la fonction logique OU-exclusif entre les signaux optiques présents aux entrées 152a et 152b.

Chaque élément 102, 104, 106, 108 et 202 est un coupleur optique 3dB. Les signaux optiques sortant de ces coupleurs vérifient alors la relation matricielle suivante:

$$30 \quad \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha & \alpha.e^{i\frac{\pi}{2}} \\ \alpha.e^{i\frac{\pi}{2}} & \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

dans laquelle  $E_1$  et  $E_2$  sont les champs électromagnétiques présents sur les premières et les deuxièmes entrées du coupleur,  $S_1$  et  $S_2$  sont les champs électromagnétiques présents sur les premières et les deuxièmes sorties du coupleur et

où  $\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$ .

Le signal d'origine 12, présent sur la première entrée 152a est un champ électromagnétique ayant une amplitude égale à  $E_0$  ou nulle.

Le signal optique présent sur la deuxième entrée 152b est un champ électromagnétique supposé avoir une amplitude égale à  $E_0$  ou nulle et lorsque son amplitude vaut  $E_0$ , un déphasage de  $-\frac{\pi}{2}$  par rapport au signal optique présent sur la première entrée 152a.

La valeur de seuil du dispositif non linéaire absorbant 110 sera ici choisie légèrement supérieure à  $\alpha^2.E_0$ , de manière à transmettre tout champ électromagnétique dont l'amplitude sera supérieure à  $\alpha^2.E_0$ . Comme nous le verrons ci-dessous la valeur de seuil est choisie pour permettre la transmission des champs dont l'amplitude vaut  $2\alpha^2.E_0$  et absorber les champs dont l'amplitude est nulle ou égale à  $\alpha^2.E_0$ .

Nous allons maintenant étudier le fonctionnement du module d'encodage différentiel 100.

Le premier coupleur 102 réalise le couplage des entrées 152a et 152b et délivre le signal optique ainsi couplé sur la première sortie 152c. Le signal optique présent sur la première sortie 152c correspond à  $S_1$  dans la relation (1).

Le tableau suivant résume les valeurs possibles de l'amplitude et de la phase du signal présent sur la première sortie 152c en fonction des amplitudes des signaux présents sur les entrées 152a et 152b, à savoir le premier signal 12 et le deuxième signal présent à la deuxième entrée 152b du premier coupleur 102 et qui correspondent à  $E_1$  et  $E_2$  dans la relation (1).

$ E_1 $	$ E_2 $	$ S_1 $	$\varphi_{s1}$
0	0	0	X
$E_0$	0	$\alpha.E_0$	0
0	$E_0$	$\alpha.E_0$	0
$E_0$	$E_0$	$2\alpha.E_0$	0

(2)

La phase du signal sur la première sortie 152c est constante et égale à la phase du signal présent à la première entrée 152a si le signal en sortie est non nul. La phase du signal n'a pas de sens dans le cas où le signal en sortie est nul.

Le signal présent sur la première sortie 152c est injecté sur la première entrée 154a du deuxième coupleur 104. Le signal présent sur la première entrée 154a du deuxième coupleur 104 est alors représenté par  $E_1$  dans la relation (1). Les signaux présents sur les sorties 154c et 154d du deuxième coupleur 104 jouent les rôles de  $S_1$  et  $S_2$  dans la relation (1). Un tableau similaire à (2) peut être écrit pour le deuxième

coupleur 104 en fonction des valeurs de l'amplitude du signal présent sur la première entrée 154a. On a alors:

$ E1 $	$ E2 $	$ S_1 $	$ S_2 $	$\varphi_{s1}$	$\varphi_{s2}$
0	0	0	0	X	X
$\alpha.E_0$	0	$\alpha^2.E_0$	$\alpha^2.E_0$	0	$\frac{\pi}{2}$
$\alpha.E_0$	0	$\alpha^2.E_0$	$\alpha^2.E_0$	0	$\frac{\pi}{2}$
$2\alpha.E_0$	0	$2\alpha^2.E_0$	$2\alpha^2.E_0$	0	$\frac{\pi}{2}$

(3)

Le signal issu de la deuxième sortie 154d du deuxième coupleur 104 est dirigé vers l'entrée du dispositif non linéaire absorbant 110. Vu la valeur assignée à la valeur de seuil, l'amplitude du signal en sortie 156b du composant 110 vaut 0 ou  $2\alpha^2.E_0$ . En effet la valeur de seuil étant fixée légèrement supérieure à  $\alpha^2.E_0$ , seuls les signaux dont l'amplitude vaut  $2\alpha^2.E_0$  sont transmis.

Un tableau similaire au tableau (3) peut être écrit pour le troisième coupleur 106, dont le signal sur la première entrée 156a est le même que celui de la première sortie 154c du deuxième coupleur 104 et dont le signal sur la seconde entrée 156b est le même que celui de la sortie du dispositif non linéaire absorbant 110. Le signal sur la première sortie 156c est représenté par  $S_1$  dans la relation (1).

$ E1 $	$ E2 $	$ S_1 $	$\varphi_{s1}$
0	0	0	X
$\alpha^2.E_0$	0	$\alpha^3.E_0$	0
$\alpha^2.E_0$	0	$\alpha^3.E_0$	0
$2\alpha^2.E_0$	$2\alpha^2.E_0$	0	X

(4)

La première sortie 156c du troisième coupleur 106 délivre alors un signal représentatif du résultat de la fonction OU-exclusif. On a alors réalisé une fonction OU-exclusif entre les signaux présents sur les entrées 152a et 152b grâce aux trois coupleurs 102, 104 et 106 et au dispositif non linéaire absorbant 110. De plus la phase en sortie est constante si bien qu'il n'est pas nécessaire de la contrôler.

Afin de réaliser la boucle de rétroaction 30 et d'alimenter le dispositif adapté à moduler 200, le signal présent à la première sortie 156c du troisième coupleur 106 doit être envoyé à la fois sur la première entrée 162a du dispositif adapté à moduler 200 et sur la boucle de rétroaction 30. Pour cela le quatrième coupleur 108 est utilisé à la suite du troisième coupleur 106. L'avantage est qu'un tel moyen est un moyen simple de séparer le signal. La fonction du quatrième coupleur 108 est de séparer le



signal afin d'alimenter le dispositif adapté à moduler 200 et la boucle de rétroaction 30.

Le signal présent sur la première sortie 156c du troisième coupleur 106 est envoyé sur la première entrée 158a du quatrième coupleur 108. Un tableau similaire  
5 au tableau (4) peut être écrit pour le quatrième coupleur 108. Les signaux  $S_1$  et  $S_2$  représentent alors les signaux présents sur les sorties 158c et 158d.

$ E1 $	$ E2 $	$ S_1 $	$ S_2 $	$\varphi_{s1}$	$\varphi_{s2}$
0	0	0	0	X	X
$\alpha^3.E_0$	0	$\alpha^4.E_0$	$\alpha^4.E_0$	0	$\frac{\pi}{2}$
$\alpha^3.E_0$	0	$\alpha^4.E_0$	$\alpha^4.E_0$	0	$\frac{\pi}{2}$
0	0	0	0	X	X

(5)

Le champ sur la première sortie 158c alimente le dispositif adapté à moduler 200 et s'écrit lorsqu'il n'est pas nul:  $E = \alpha^4.E_0$  (6).

10 Le champ sur la deuxième sortie 158d alimente la boucle de rétroaction 30 et s'écrit lorsqu'il n'est pas nul:  $E = \alpha^4.E_0.e^{i\frac{\pi}{2}}$  (7).

Le champ sur la sortie 158d est alors utilisé pour générer le champ présent sur la deuxième entrée 152b du module d'encodage différentiel 100.

Sur le premier coupleur 102, nous avons supposé que le champ présent sur la  
15 seconde entrée 152b avait une amplitude  $E_0$  et un déphasage de  $-\frac{\pi}{2}$  par rapport au champ présent sur la première entrée 152a.

Pour obtenir ce résultat à partir du champ présent sur la deuxième sortie 158d du quatrième coupleur 108, un dispositif de déphasage optique 112 est mis en place. Le dispositif de déphasage 112 induit un déphasage de  $\pi$ , ce qui a pour effet de  
20 ramener la phase à  $-\frac{\pi}{2}$ . Théoriquement le déphasage du signal issu de la deuxième sortie 158d du quatrième coupleur 108 est de  $\frac{\pi}{2}$ , mais les différents composants peuvent introduire des déphasages parasites, il est donc avantageux de prévoir un dispositif de déphasage 112 accordable pour permettre de ramener effectivement la phase à  $-\frac{\pi}{2}$ .

25 Un amplificateur optique 114 de gain 12.04dB ramène l'amplitude du champ en sortie de l'amplificateur 114 à  $E_0$  ou à zéro.

On a alors un champ d'amplitude  $E_0$  et déphasé de  $-\frac{\pi}{2}$  par rapport au champ présent sur la première entrée 152a.

Un dispositif de retard optique accordable 116 est mis en place pour synchroniser les bits des signaux des deux entrées 152a et 152b entre eux. En particulier on règle le dispositif de retard optique 116 pour avoir un nombre entier de temps bit de retard.

Le module d'encodage différentiel 100 réalise bien un encodage différentiel entre les deux signaux d'entrées 152a et 152b, la deuxième sortie 158d bouclant sur la deuxième entrée 152b pour réaliser une boucle de rétroaction.

Le dispositif adapté à moduler 200 est alimenté par sa deuxième entrée 162e le signal optique 16, dont le champ électromagnétique a une amplitude de  $\frac{\alpha^4}{2}.E_0$  et une phase constante de  $\pi$ .

Le dispositif de déphasage 204 est mis en place afin d'assurer un déphasage de  $\frac{\pi}{2}$  par rapport à la phase du signal de la première entrée 162a. Comme pour le dispositif de déphasage 112, ce nouveau dispositif de déphasage peut être accordable pour garantir le déphasage de  $\frac{\pi}{2}$  entre les deux signaux.

Ce qui importe c'est que le signal présent sur la deuxième entrée 162b du cinquième coupleur 202 soit déphasé de  $\frac{\pi}{2}$  par rapport au signal encodé présent à la première entrée 162a du dispositif adapté à moduler 200.

Un tableau similaire au tableau (5) peut être écrit. Les signaux  $E_1$  et  $E_2$  correspondants aux signaux des entrées 162a et 162b, le signal  $S_1$  correspondant au signal de la sortie 162c.

$ E_1 $	$ E_2 $	$ S_1 $	$\varphi_{s1}$
0	$\frac{\alpha^4}{2}.E_0$	$\frac{\alpha^5}{2}.E_0$	$\pi$
$\alpha^4.E_0$	$\frac{\alpha^4}{2}.E_0$	$\frac{\alpha^5}{2}.E_0$	0

(6)

Le champ en sortie a donc une amplitude constante, le signal n'est donc pas modulé en intensité.

Par contre sa phase varie et présente un déphasage de  $\pi$  selon le résultat de la fonction logique OU-exclusif entre les entrées 152a et 152b du module d'encodage différentiel 100. L'information est codée dans la différence de phase, le signal délivré par la première sortie 162c est donc un signal 14 modulé au format DPSK.

Le dispositif de retard optique accordable 206 permet la synchronisation des bits des signaux des deux entrées 162a et 162b du cinquième coupleur 202. En particulier on règle le dispositif de retard optique 206 pour avoir un nombre entier de temps bit de retard.

- 5        Le dispositif de retard optique 206 n'est pas nécessaire lorsque le signal émis à la sortie 162c est dans un format NRZ-DPSK (Non-Return-to-Zero-DPSK) car la porteuse 16 est alors une onde continue.

- 10       Le dispositif de retard optique 206 est nécessaire lorsque le signal émis à la sortie 162c est dans un format RZ-DPSK (Return-to-Zero-DPSK) car la porteuse 16 est alors une onde modulée et la synchronisation entre les signaux est nécessaire.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux exemples et modes de réalisation décrits et représentés, mais elle est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art.

- 15       Par exemple, les valeurs numériques des composants sont données à titre d'exemple dans le cas de composants parfaits qui ne génèrent aucune perte, ces valeurs doivent être adaptées pour permettre d'ajuster les valeurs réelles des amplitudes des signaux aux valeurs théoriques.

## REVENDICATIONS

- 1) Convertisseur (10) tout optique d'un signal optique modulé en intensité en un signal optique modulé au format DPSK, caractérisé en ce qu'il comprend:
- une première entrée (152a) pour un premier signal optique modulé en intensité (12);
  - un module d'encodage différentiel (100) adapté à réaliser un encodage différentiel
  - 5 entre le premier signal (12) et un deuxième signal optique synchrone avec le premier signal (12);
  - un dispositif adapté à moduler (200) adapté à moduler la phase d'un signal optique (16) en fonction de l'encodage différentiel réalisé par le module d'encodage différentiel (100);
  - 10 -une sortie (162c) du dispositif adapté à moduler (200) délivrant un signal optique modulé au format DPSK (14).

2) Convertisseur (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le module d'encodage différentiel (100) réalise l'encodage différentiel à partir d'une fonction OU-exclusif et d'une boucle de rétroaction (30).

- 15 3) Convertisseur (10) selon la revendication 2, caractérisé en ce que pour réaliser la fonction OU-exclusif, le module d'encodage différentiel (100) comprend:
- un premier coupleur optique (102) dont la première entrée (152a) est alimentée avec le premier signal (12), dont la deuxième entrée (152b) est alimentée avec le deuxième signal et dont la deuxième sortie (152d) n'est pas connectée;
  - 20 -un deuxième coupleur optique (104) dont la première entrée (154a) est alimentée par la première sortie (152c) du premier coupleur (102), dont la deuxième entrée (154b) n'est pas alimentée;
  - un dispositif non linéaire absorbant (110) dont l'entrée est alimentée par la deuxième sortie (154d) du deuxième coupleur (104); et
  - 25 -un troisième coupleur optique (106) dont la première entrée est alimentée par la première sortie (154c) du deuxième coupleur (104), dont la deuxième entrée (156b) est alimentée par la sortie du dispositif non linéaire absorbant (110), dont la deuxième sortie (156d) n'est pas connectée et dont la première sortie (156c) délivre le signal représentatif du résultat de la fonction OU-exclusif.

4) Convertisseur (10) selon la revendication 3, caractérisé en ce que le module d'encodage différentiel (100) comprend un quatrième coupleur optique (108) dont la première entrée (158a) est alimentée par la première sortie (156c) du troisième coupleur (106), dont la deuxième entrée (158b) n'est pas alimentée, dont la première  
5 sortie (158c) alimente le dispositif adapté à moduler (200) et dont la deuxième sortie (158d) alimente la boucle de rétroaction (30).

5) Convertisseur (10) selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le deuxième signal optique synchrone est délivré par la boucle de rétroaction (30).

6) Convertisseur (10) selon la revendication 5, caractérisé en ce que la boucle de  
10 rétroaction (30) comprend un dispositif de déphasage optique (112), un amplificateur optique (114).

7) Convertisseur (10) selon la revendication 6, caractérisé en ce que la boucle de rétroaction (30) comprend aussi un dispositif de retard optique accordable (116) adapté à retarder le deuxième signal par rapport au premier signal (12) avec un  
15 nombre entier de temps bits.

8) Convertisseur (10) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le dispositif adapté à moduler (200) comprend un coupleur (202) dont la première entrée (162a) est alimentée par le signal encodé par le module d'encodage différentiel (100), dont la deuxième entrée (162b) est alimentée par un signal déphasé de  $\frac{\pi}{2}$  par  
20 rapport au signal encodé, dont la deuxième sortie (162d) n'est pas connectée et dont la première sortie (162c) délivre un signal optique modulé au format DPSK (14).

9) Convertisseur (10) selon la revendication 8, caractérisé en ce que le dispositif adapté à moduler (200) comprend en amont de sa deuxième entrée (162b) un dispositif de retard optique accordable (206) adapté à retarder le signal déphasé par  
25 rapport au signal encodé avec un nombre entier de temps bits.

10) Convertisseur (10) selon l'une des revendications 8 à 9, caractérisé en ce que la phase du signal optique modulé au format DPSK (14) varie de zéro à  $\pi$  selon le résultat de la fonction OU-exclusif.

11) Convertisseur (10) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en  
5 ce que les coupleurs optiques (102, 104, 106, 108, 202) sont des coupleurs optiques 3dB.

12) Convertisseur (10) selon la revendication 11, caractérisé en ce que le premier signal (12) a une amplitude de  $E_0$  et le deuxième signal a une amplitude de  $E_0$  et un déphasage de  $-\frac{\pi}{2}$  par rapport au premier signal (12); en ce que le gain  
10 l'amplificateur optique (114) a un gain de 12.04dB; en ce que le dispositif non linéaire absorbant (110) a un seuil légèrement supérieur à  $\alpha^2 \cdot E_0$  avec  $\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ; en ce que le signal alimentant la deuxième entrée (162b) du coupleur (202) du dispositif adapté à moduler (200) a une amplitude de  $\frac{\alpha^4}{2} \cdot E_0$  et un déphasage de  $\frac{\pi}{2}$  par rapport  
15 au signal alimentant la première entrée (162a) coupleur (202) du dispositif adapté à moduler (200).

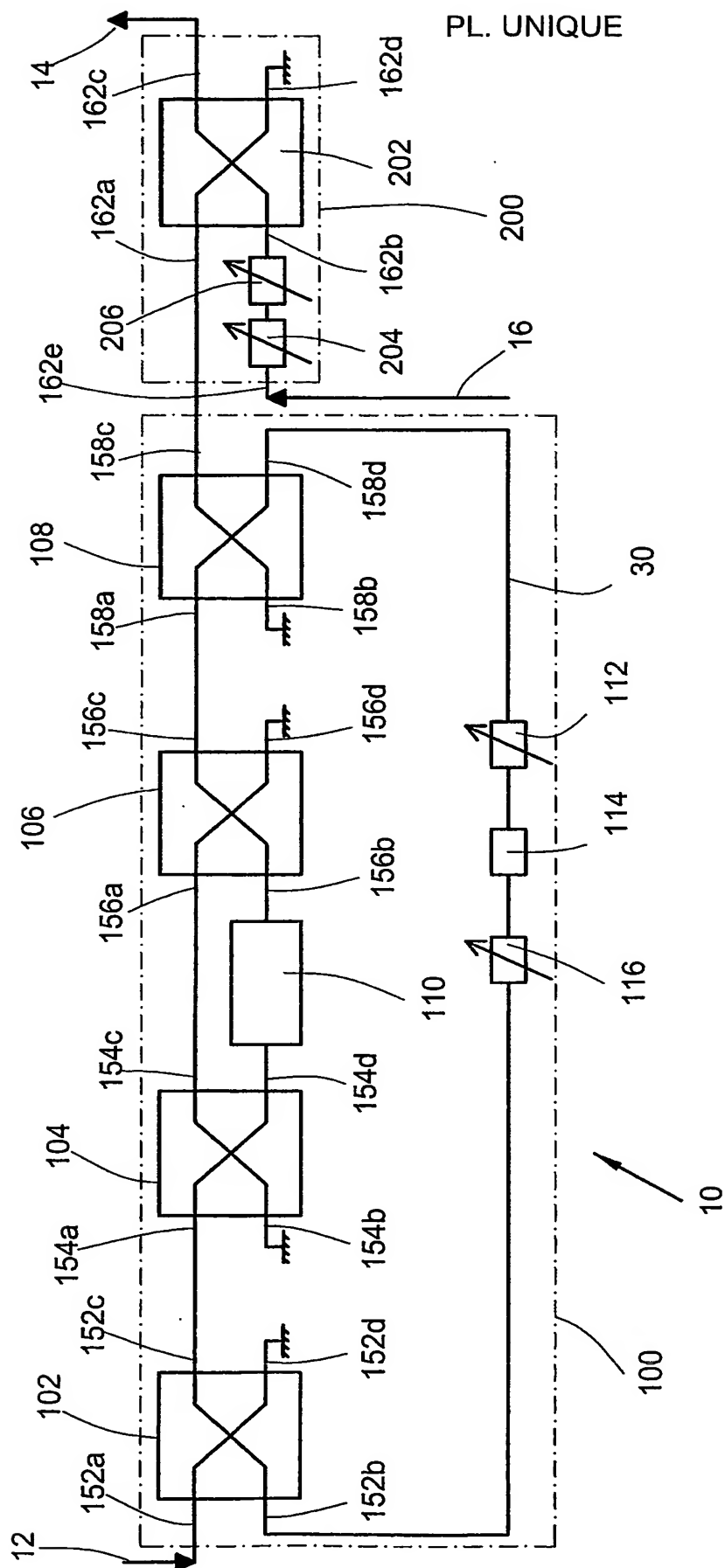


Fig. unique

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 03/03809

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04B10/155

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2003/007216 A1 (LIU XIANG ET AL) 9 January 2003 (2003-01-09) abstract figure 3	1-12
A	US 5 466 925 A (HAIT JOHN N) 14 November 1995 (1995-11-14) titre column 1, lines 42-47	1-12
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 July 2004

Date of mailing of the international search report

09/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Petitit, N



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/03809

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	TERUMI CHIKAMA ET AL: "MODULATION AND DEMODULATION TECHNIQUES IN OPTICAL HETERODYNE PSK TRANSMISSION SYSTEMS" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE. NEW YORK, US, vol. 8, no. 3, 1 March 1990 (1990-03-01), pages 309-322, XP000136397 ISSN: 0733-8724 abstract page 309, right-hand column, paragraph 3 - page 310, left-hand column, paragraph 1 figure 5	1-12
A	US 2003/007231 A1 (WINZER PETER J) 9 January 2003 (2003-01-09) figure 1 paragraph '0012!	1-12

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 03/03809

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003007216	A1	09-01-2003	CA 2384234 A1	21-12-2002
			CN 1394027 A	29-01-2003
			JP 2003060580 A	28-02-2003
US 5466925	A	14-11-1995	US 5623366 A	22-04-1997
			AP 787 A	01-12-1999
			AU 701013 B2	21-01-1999
			AU 4522496 A	03-07-1996
			BR 9510022 A	02-06-1998
			CA 2207909 A1	20-06-1996
			CN 1174617 A	25-02-1998
			EP 0812444 A1	17-12-1997
			JP 10511474 T	04-11-1998
			NZ 300471 A	28-01-1999
			RU 2141687 C1	20-11-1999
			WO 9618966 A1	20-06-1996
			AP 845 A	09-06-2000
			AP 881 A	19-10-2000
			AP 847 A	09-06-2000
			AU 707005 B2	01-07-1999
			AU 4472296 A	03-07-1996
			AU 701008 B2	21-01-1999
			AU 4522396 A	03-07-1996
			AU 701009 B2	21-01-1999
			AU 4601096 A	03-07-1996
			BR 9510023 A	02-06-1998
			BR 9510024 A	02-06-1998
			BR 9510025 A	02-06-1998
			CA 2207908 A1	20-06-1996
			CA 2207925 A1	20-06-1996
			CA 2207930 A1	20-06-1996
			CN 1174614 A	25-02-1998
			CN 1174615 A	25-02-1998
			CN 1174616 A	25-02-1998
			EP 0800681 A1	15-10-1997
			EP 0812443 A1	17-12-1997
			EP 0807293 A1	19-11-1997
			JP 10510645 T	13-10-1998
			JP 2001520768 T	30-10-2001
			JP 10511475 T	04-11-1998
			NZ 298990 A	28-01-1999
			NZ 300470 A	29-03-1999
			NZ 300764 A	23-12-1998
			RU 2142161 C1	27-11-1999
			RU 2140100 C1	20-10-1999
			WO 9618964 A1	20-06-1996
			WO 9618965 A1	20-06-1996
			WO 9618967 A1	20-06-1996
			US 6265707 B1	24-07-2001
			US 5644123 A	01-07-1997
			US 5617249 A	01-04-1997
			US 5770854 A	23-06-1998
US 2003007231	A1	09-01-2003	NONE	

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 H04B10/155

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 H04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2003/007216 A1 (LIU XIANG ET AL) 9 janvier 2003 (2003-01-09) abrégé figure 3	1-12
A	US 5 466 925 A (HAIT JOHN N) 14 novembre 1995 (1995-11-14) titre colonne 1, ligne 42-47	1-12
	-/--	



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

1 juillet 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

09/07/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Petitit, N

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>TERUMI CHIKAMA ET AL: "MODULATION AND DEMODULATION TECHNIQUES IN OPTICAL HETERODYNE PSK TRANSMISSION SYSTEMS" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE. NEW YORK, US, vol. 8, no. 3, 1 mars 1990 (1990-03-01), pages 309-322, XP000136397 ISSN: 0733-8724 abrégé page 309, colonne de droite, alinéa 3 - page 310, colonne de gauche, alinéa 1 figure 5</p>	1-12
A	<p>US 2003/007231 A1 (WINZER PETER J) 9 janvier 2003 (2003-01-09) figure 1 alinéa '0012!</p>	1-12

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs

membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/03809

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003007216	A1	09-01-2003	CA 2384234 A1	21-12-2002
			CN 1394027 A	29-01-2003
			JP 2003060580 A	28-02-2003
US 5466925	A	14-11-1995	US 5623366 A	22-04-1997
			AP 787 A	01-12-1999
			AU 701013 B2	21-01-1999
			AU 4522496 A	03-07-1996
			BR 9510022 A	02-06-1998
			CA 2207909 A1	20-06-1996
			CN 1174617 A	25-02-1998
			EP 0812444 A1	17-12-1997
			JP 10511474 T	04-11-1998
			NZ 300471 A	28-01-1999
			RU 2141687 C1	20-11-1999
			WO 9618966 A1	20-06-1996
			AP 845 A	09-06-2000
			AP 881 A	19-10-2000
			AP 847 A	09-06-2000
			AU 707005 B2	01-07-1999
			AU 4472296 A	03-07-1996
			AU 701008 B2	21-01-1999
			AU 4522396 A	03-07-1996
			AU 701009 B2	21-01-1999
			AU 4601096 A	03-07-1996
			BR 9510023 A	02-06-1998
			BR 9510024 A	02-06-1998
			BR 9510025 A	02-06-1998
			CA 2207908 A1	20-06-1996
			CA 2207925 A1	20-06-1996
			CA 2207930 A1	20-06-1996
			CN 1174614 A	25-02-1998
			CN 1174615 A	25-02-1998
			CN 1174616 A	25-02-1998
			EP 0800681 A1	15-10-1997
			EP 0812443 A1	17-12-1997
			EP 0807293 A1	19-11-1997
			JP 10510645 T	13-10-1998
			JP 2001520768 T	30-10-2001
			JP 10511475 T	04-11-1998
			NZ 298990 A	28-01-1999
			NZ 300470 A	29-03-1999
			NZ 300764 A	23-12-1998
			RU 2142161 C1	27-11-1999
			RU 2140100 C1	20-10-1999
			WO 9618964 A1	20-06-1996
			WO 9618965 A1	20-06-1996
			WO 9618967 A1	20-06-1996
			US 6265707 B1	24-07-2001
			US 5644123 A	01-07-1997
			US 5617249 A	01-04-1997
			US 5770854 A	23-06-1998
US 2003007231	A1	09-01-2003	AUCUN	